Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 15, No. 3, Fall 2023, p. 607-624

Study of Environmental Sustainability of Tobacco (*Nicotiana tabacum*) Cultivation with Ecological Footprint Approach (Case Study: Flue–Cured Tobacco and Air–Cured in Golestan Province)

Abdol Halim Kor[1], Karim Naderi Mahdei[2*], Karwan Shanazi[1] and Seyed Mohammad Jafar Esfahani[3]

Received: 27-06-2021
Revised: 28-09-2021
Accepted: 24-11-2021
Available Online: 24-11-2021

How to cite this article:
Kor, A.H., Naderi Mahdei, K., Shanazi, K., & Esfahani S. M. J. (2023). Study of environmental sustainability of tobacco cultivation with ecological footprint approach (Case study: flue–cured tobacco and air–cured in Golestan province). *Journal of Agroecology, 15(3), 607-624.*
DOI: 10.22067/agry.2021.71190.1055

Introduction

Today, agricultural systems are considered the center and main axis of all activities related to the development of sustainable agriculture in Iran. Obviously, the more efforts to expand the sustainability of the exploitation systems of the regions, the better the situation will be in terms of reducing energy loss and production costs, increasing performance and conserving resources, and preventing waste. From an ecological point of view, the per capita consumption of energy and materials used in agriculture has increased faster than population growth, so the continuation of this process endangers the health, sustainability, and well-being of society and causes the destruction of ecological resources. For this reason, any exploitation of nature should be done after evaluating the resources and within the capabilities and capacities of the environment. Recognizing the problems and bottlenecks of the specialized tobacco (*Nicotiana tabacum*) cultivation system in Golestan province and formulating appropriate solutions to solve the environmental problems of tobacco cultivation, is of great importance in the sustainable development of this product. Ecological footprint is a valid indicator for assessing the sustainability of agricultural products. This index makes it possible to calculate the amount of pressure that humans exert on the environment to produce crops. Therefore, this study aims to study the environmental impacts of tobacco cultivation due to the importance of environment and sustainable agriculture.

Materials and Methods

In this study, the environmental sustainability of two types of greenhouse tobacco (Virginia) and dry shade (Barley) was evaluated. The statistical population of this research is tobacco growers, Flue-Cured tobacco, and Air-Cured tobacco in Golestan province. The statistical sample size was estimated to be about 160 people using Cochran's formula. The data collection tool was a questionnaire that was randomly distributed and completed among 100 Flue-Cured tobacco farmers and 60 Air-Cured tobacco farmers in 2019. To assess the environmental effects, the ecological footprint index was used. For this purpose, the ecological footprint was calculated based on the type of field operations in two parts: direct and indirect footprint.

Results and Discussion

The results of the study indicated that the total energy consumption for the production of Air-Cured tobacco

1- Ph.D. Student of Agricultural Development, Faculty of Agricultural, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2- Associate Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agricultural, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3- Assistant Professor of Agricultural Planning, Economic, and Rural Development Research Institute (APERDRI), Tehran, Iran.
(*- Corresponding author's Email: knadery@basu.ac.ir)

was 97327 MJ/ha. Electricity, with 44.72%, had the largest share in energy consumption, followed by nitrogen with 16.69% and diesel with 16.61%. The total energy consumed to produce one hectare of Flue-Cured tobacco was 73,184 MJ; electricity has the largest share, followed by diesel. Indirect ecological footprints were calculated for Flue-Cured tobacco and Air-Cured tobacco at 1.16 and 1.54 gha, respectively. In Air-cured tobacco, Electricity with 38.19%, nitrogen fertilizer at 18.67%, and diesel with 18.58% have the greatest impact on ecological footprint. The results show the total ecological footprint (direct and indirect) of Air-Cured tobacco (4.05) and Flue-Cured tobacco (3.67) equivalent to the global hectare (gha). The results of ecological footprint studies in both types of tobacco indicate that the highest environmental impact from crop production is related to electricity input. In the Flue-Cured production process, the electricity consumption is related to the water pump (electric wells) and the greenhouse (fan for ventilation), but in the Air-Cured tobacco, it is only related to the water pump consumption.

Conclusion

Sustainability indicators are a tool that can be used to raise the awareness of tobacco growers about the environmental effects of their actions. According to the results of this study, the use of electricity, water, fertilizer, and diesel inputs has the greatest impact on ecological instability, so proper management of the use of these inputs is a necessity, such as the use of appropriate technologies, fertilizer use according to plant needs. Reducing the intensity of tillage by using appropriate machinery and paying attention to climatic conditions, as well as increasing the awareness of tobacco growers with the help of educational-promotional activities, can be effective in reducing the consumption of inputs and optimal use.

Keywords: Environmental Impacts, Tobacco, Ecological Capacity, Sustainable Agriculture, Energy Evaluation

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، ص ٦٢٤-٦٠٧

بررسی پایداری زیست‌محیطی کشت توتون (*Nicotiana tabacum*) با رویکرد ردپای اکولوژیکی (موردمطالعه: توتون گرمخانه‌ای و سایه‌خشک در استان گلستان)

عبدالحلیم کر[۱]، کریم نادری مهدیی[۲*]، کاروان شانازی[۱] و سید محمد جعفر اصفهانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۷/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۳

چکیده

ردپای اکولوژیک شاخصی معتبر برای ارزیابی وضعیت پایداری تولیدات کشاورزی است. این شاخص امکان محاسبه میزان فشاری که انسان برای تولید محصول به طبیعت اعمال می‌کند را فراهم می‌سازد. هدف این پژوهش، ارزیابی وضعیت پایداری زیست‌محیطی کشت توتون‌های گرمخانه‌ای و سایه‌خشک (*Nicotiana tabacum*) با رویکرد ردپای اکولوژیکی است. این پژوهش کاربردی به شیوه پیمایشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه حضوری انجام شد و نمونه آماری بر اساس فرمول کوکران ۱۰۰ نفر برای ارقام گرمخانه‌ای و ۶۰ نفر برای ارقام سایه‌خشک برآورد گردید. برای ارزیابی پایداری از شاخص ردپای اکولوژیک استفاده شد. نتایج نشان دادند، وضعیت پایداری کشت بر اساس ردپای اکولوژیکی (مستقیم و غیرمستقیم) در توتون سایه‌خشک ۴/۰۵ و توتون گرمخانه‌ای ۳/۶۷ معادل هکتار جهانی می‌باشد. بنابراین، تولید توتون سایه‌خشک نسبت به توتون گرمخانه‌ای در وضعیت ناپایدارتری قرار دارد. آلایندگی ناشی از مصرف الکتریسیته برای کشت توتون سایه‌خشک با ۳۸/۱۹ درصد و برای کشت توتون گرمخانه‌ای با ۳۸/۸۰ درصد بیشترین تأثیر در شاخص ردپای اکولوژیک داشته است.

واژه‌های کلیدی: اثرات زیست‌محیطی، ارزیابی انرژی، ظرفیت اکولوژیکی، کشاورزی پایدار

مقدمه

در سال‌های اخیر توجه به مسائل زیست‌محیطی افزایش یافته است. با افزایش آگاهی زیست‌محیطی، بخش‌های مختلف اقتصادی به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های خود مشغول شده‌اند. کشاورزی یکی از بخش‌های مهم است که اثرات مهمی بر محیط‌زیست دارد (Nemechek et al., 2008). در طی قرن بیستم تولیدات کشاورزی به نحو چشم‌گیری افزایش یافت، امّا افزایش تولید و استفاده گسترده از نهاده‌ها به انواع مشکلات زیست‌محیطی منجر شده است. منبع اصلی چنین آلاینده مهم، محیط‌زیست کشاورزی است (Brentrup et al., 2004; Vander Werf & Turunen, 2008). هرگونه فعالیت برای ارتقای کیفیت زندگی و توسعه انسانی

۱- دانشجوی دکترای توسعه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲- دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۳- استادیار موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی. تهران، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: knadery@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/agry.2021.71190.1055

در محیط‌زیست تحقق می‌یابد. لذا وضعیت محیط‌زیست و منابع آن از نظر پایداری یا ناپایداری بر فرآیند توسعه تأثیرگذار خواهد بود. در این صورت، نیازمند ابزار و روش‌هایی است تا به‌کمک آن‌ها بتواند حرکت به‌سوی پایداری زیست‌محیطی را ارزیابی نماید (Barimani & Lamfiejani, 2010) ردپای اکولوژیک[1] یکی از روش‌های جدید و مناسب به‌شمار می‌رود.

ردپای اکولوژیکی از شاخص‌هایی است که تأثیرات گوناگون بشر بر کره زمین را با توجه به قوانین ترمودینامیک و مفاهیم اکولوژیک یکپارچه‌سازی می‌کند. بنابراین، به روشی جذاب برای آموزش و برنامه‌ریزی جهت پایداری منابع تولید تبدیل شده و به‌عنوان یک ابزار ارتباطی قوی برای فهم اثرات تغییر رفتار مردم کره خاکی بر پایداری منابع شناخته می‌شود (Holmberg et al., 1999; Kanitschar et al., 2014). شاخص ردپای اکولوژیکی مشخص می‌کند، چه مقدار انرژی و ماده در یک بازه زمانی مشخص مصرف و چه مقدار پسماند جامد، مایع و گاز در طبیعت رهاسازی شده است (Tinsley & George, 2006). واحد ردپای اکولوژیکی هکتار در مقیاس جهانی (gha)[2] است و به گفته ایونگ و همکاران (Ewing et al., 2010) واحد هکتار جهانی، میزان متوسط زمین‌های تولیدگر در کره زمین به لحاظ زیستی به‌ازای هر نفر را مشخص می‌نماید. آنچه در ردپای اکولوژیکی مربوط به کشاورزی بیش از همه مورد توجه است، انرژی مصرفی و تولیدی در این فعالیت می‌باشد که باعث تولید کربن و در نهایت، باعث تأثیر کشاورزی بر محیط‌زیست می‌شود و به این صورت پایداری نظام‌های کشاورزی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (Cerutti et al., 2013; Carof et al., 2013). ردپای اکولوژیکی، تأثیر بهره‌برداری از مواد و انرژی را به طریقی با مسائل محیطی پیوند می‌دهد. در این روش، بین محاسبات اجتماعی- اقتصادی مربوط به ذخایر انرژی و مواد با کاربرد زمین و اثرات آن بر جریانات و ذخایر مواد و انرژی در اکوسیستم جهانی ارتباط برقرار شده است (Vuuren & Bouwman, 2005).

براساس آمارهای جهانی ظرفیت زیستی در ایران از سال ۱۳۳۹ تا به امروز، روند کاهنده اندکی داشته است، امّا مقدار ردپای اکولوژیکی روند فزاینده پرشتابی را دنبال می‌کند، این امر موجب شده که از سال ۱۹۸۰ به بعد، مقدار ردپای اکولوژیک ایران بیش از ظرفیت زیستی شده و کسری اکولوژیک در کشور رخ دهد (Ewing et al., 2010). به گزارش شبکه جهانی ردپا[3]، ردپایاکولوژیک ایران در سال ۲۰۱۷ میلادی ۳/۲ هکتار جهانی به‌ازای هر نفر بوده است و این در حالی است که میزان ظرفیت زیست‌محیطی ایران ۰/۸ هکتار جهانی برآورد شده است، که نشان می‌دهد ۲/۴ برابر به‌ازای هر نفر بیشتر از سرانه منابع موجود در مقیاس هکتار جهانی بوده و بیانگر اعمال فشار بیش از حد بر زیست کره می‌باشد.

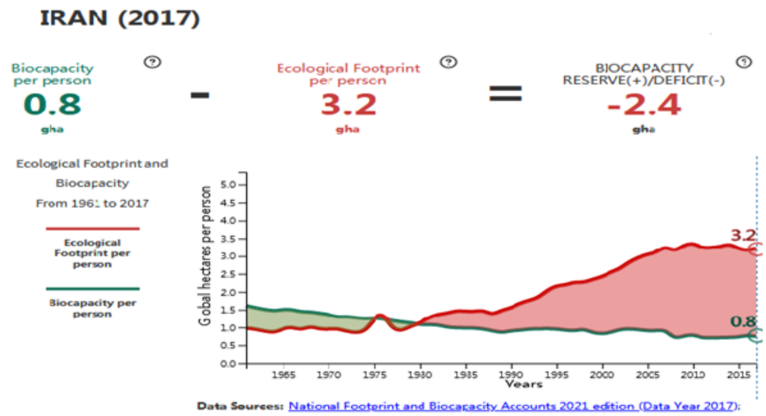
شناخت مسائل و تنگناهای نظام کشت تخصصی توتون در استان به‌منظور توسعه پایدار این محصول از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به مضمون و موضوع این پژوهش، پیشینه این تحقیق را باید در مطالعات پایداری نظام‌های زراعی از منظر زیست‌محیطی و سازوکارهای مربوط به استفاده و به‌کارگیری نهاده‌های تولید و تأثیرات متقابل آن بر محیط‌زیست جستجو نمود. در این خصوص، مطالعات متعددی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است.

مطالعه کاربرد ردپای اکولوژیک چند کارکردی در تحلیل پایداری تولید زعفران (*Crocus sativus* L) بیانگر آن بود که میانگین ردپای اکولوژیک غیر مستقیم زعفران ۰/۲۰ هکتار جهانی است که ۰/۷ به انتشار داخل مزرعه و ۰/۱۳ به انتشار خارج مزرعه مربوط می‌شود و شاخص ردپای چند کارکردی نشان داد که شاخص ردپای اکولوژیک بر حسب زمین ۰/۰۱، بر حسب درآمد ۰/۶۳ و بر حسب عملکرد ۰/۰۰۳ هکتار جهانی است و بر اساس نتایج این مطالعه نشان دادند که تولید زعفران در حالت نسبتاً پایدارتری نسبت به سایر محصولات کشاورزی قرار دارد (Esfahani & Khazaee, 2020). بررسی ردپای اکولوژیکی تولیدهای بخش کشاورزی در کشورهای اسلامی گروه D-8 نشان داد که رابطه معنی‌دار بین ردپای اکولوژیکی و تولید ناخالص داخلی سرانه وجود دارد. به‌طوری‌که افزایش نسبی مصرف سرانه انرژی، زمین زراعی و تولیدهای دامی منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی می‌گردد. نتیجه اصلی مطالعه گویای آن است که فعالیت های کشاورزی یکی از عامل‌های ایجاد آلودگی‌های محیط زیستی بوده و به‌طور معنی‌داری بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای گروه D-8 مؤثر هستند. به‌طوری‌که افزایش نسبی مصرف سرانه انرژی، زمین زراعی و تولیدهای دامی منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی می‌گردد (Tarazkar et al., 2019). دکامین و همکاران (Dekamin et al.,

---

1- Ecological footprint
2- Global hectare approach
3- Global footprint network

2019) در بررسی اثرات زیست‌محیطی گیاه زراعی سویا (Glycine max L) دریافتند که این اثرات عمدتاً از کودهای شیمیایی، کود دامی، گازوئیل و برق حاصل می‌شود و بهره‌وری استفاده از این نهاده‌ها برای تولید یک تن سویا پائین است. همچنین گزارش کردند که با افزایش تولید به‌ازای نهاده مصرفی می‌توان بار محیط زیستی را کاهش داد. مطالعات خنالی و همکاران (Khanali et al., 2016) با عنوان بررسی تعادل انرژی و ردپای کربن درکشت زعفران حاکی از مصرف بالای کودهای نیتروژن، کود دامی و کودهای فسفاته می‌باشد. به این معنی که نیاز به مدیریت مصرف آن‌ها در اولویت قرار دارد و با توجه به آن (مدیریت مصرف) می‌توان بدون کاهش قابل توجهی در عملکرد زعفران، صرفه‌جویی در انرژی به‌دست آورد.



شکل ۱- ردپای اکولوژیک و ظرفیت زیستی در ایران (۱۳۹۶-۱۳۴۰)

Fig.1- Ecological footprint and biocapacity in Iran (1961-2017)

همچنین نتایج نشان داد، تولید یک هکتار زعفران سبب انتشار ۱۰۸۹۷ کیلوگرم CO_2 می‌شود که میزان بالایی است. فلاح‌پور و همکاران (Fallahpour et al., 2012) با مطالعه ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید گندم و جو با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی (LCA[1]) به این نتیجه رسیدند که با افزایش مصرف نیتروژن، اثرات زیست‌محیطی نیز افزایش می‌یابد. خرمی وفا و همکاران (Khoramivafa et al., 2016) نیز در بررسی ردپای اکولوژیک آب در مزارع گندم آبی (*Triticum aestivum*) و ذرت (*Zea mays* L) منطقه کوزران کرمانشاه دریافتند که می‌بایست کشت گیاهان پرمصرفی مانند ذرت دانه‌ای با توجه به شرایط وخیم آبی منطقه متوقف شده، و گیاهان جایگزینی مانند زعفران که نیاز آبی کمتری دارند، در برنامه زراعی کشاورزان منطقه گنجانده شوند. نادری مهدیی و همکاران (Naderi Mahdei et al., 2015) در بررسی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی نظام‌های بهره‌برداری‌کشاورزی در استان همدان با استفاده از تحلیل ردپای اکولوژیکی (مورد: گندم آبی) به این نتیجه رسیدند که ردپای اکولوژیکی بر حسب مصرف نهاده‌ها در سیستم کشت مرسوم ۲/۹۶ و در سیستم کشت حفاظتی ۲/۸۴ معادل هکتار جهانی می‌باشد. یافته‌ها نشان داد که ردپای اکولوژیکی بیش از ۷۰ درصد از کشاورزان در سطح اثرات ناپایداری زیاد و بقیه در سطح ناپایداری کم قرار دارند. همچنین رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2019) در مطالعه دیگر با عنوان ارزیابی پایداری زیست‌محیطی نظام زراعی با استفاده از تحلیل ردپای اکولوژیک در کشت سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L) و خیار (*Cucumis sativus* L) در دهستان سفالگران شهرستان بهار نشان دادند که هر دو کشت در وضعیت ناپایدار قرار دارند و تفاوت معنی‌داری بین نمره کل ردپای اکولوژیکی بر حسب هکتار جهانی در کشت سیب‌زمینی (۴/۰۳) و کشت خیار (۳/۲۳) وجود دارد. به‌طوری که کشت خیار از ناپایداری زیست‌محیطی کمتری برخودار است.

پاسری و همکاران به بررسی روش‌های زراعی مختلف بر میزان ردپای اکولوژیکی ناشی از تولید محصولات زراعی پرداختند. نتایج بیانگر این بود که میزان مصرف نهاده‌ها درسیستم زراعی مرسوم حدود ۲۸ درصد بیشتر از سیستم زراعی حفاظتی است و در نتیجه، سیستم مرسوم نسبت به سیستم حفاظتی ناپایدارتر است (Passeri et al., 2013) بررسی اثرات زیست‌محیطی محصولات عمده زراعی

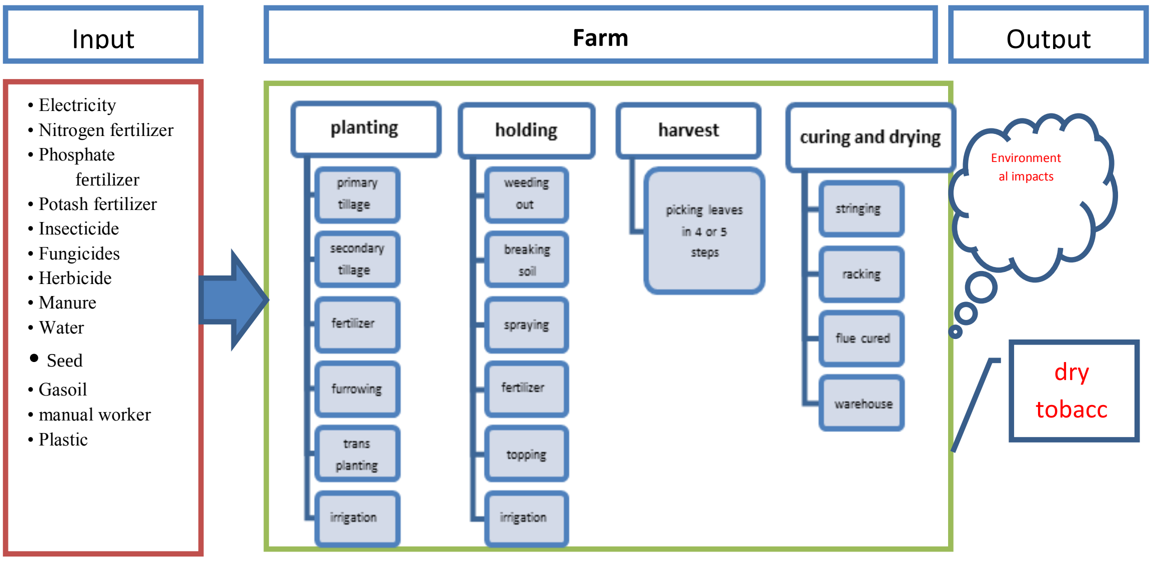
1- Life Cycle Assessment

استان خراسان رضوی مؤید آن بود که به‌منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی نظام‌های تولیدی از مدیریت پایدار حاصلخیزی خاک، جایگزینی نهاده‌های شیمیایی، افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، کاهش خاک‌ورزی، انتخاب گیاهان با هزینه‌های زیست‌محیطی کمتر و تناوب زراعی استفاده نمود (Koocheki et al., 2018) .

تحقیقات سهل و پوتینگ (Sahle & Potting, 2013) در بررسی کشت گلخانه‌ای گل رز (*Rosa damascena*) در اتیوپی بیانگر استفاده شدید از کود، سموم دفع آفات و پلاستیک بود و بزرگ ترین سهم اثرات زیست‌محیطی مربوط به کودهای نیتروژنه بوده است. دیاس و همکاران (Dias et al., 2017) نیز اثرات زیست‌محیطی تولید گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum* esculentum) گلخانه‌ای را در کانادا مورد بررسی قرار دادند و طی آن عنوان کرده‌اند که سوخت مورد استفاده برای گرمایش گلخانه‌ها بین ۵۰ تا ۸۵ درصد مهم‌ترین عامل آسیب زیست‌محیطی در چرخه زندگی تولید گوجه‌فرنگی است. همچنین فرآیند تولید مقوا برای بسته‌بندی گوجه‌فرنگی، به‌عنوان دومین عامل تأثیرگذار شناخته شده است.

امروزه نظام‌های بهره‌برداری زراعی به‌عنوان کانون و محور اصلی کلیه فعالیت‌های مربوط به توسعه کشاورزی پایدار در ایران مطرح است. بدیهی است، هر چه در جهت گسترش پایداری نظام‌های بهره‌برداری مناطق تلاش شود، وضعیت مطلوب‌تری از نظر کاهش میزان اتلاف انرژی، هزینه‌های تولید، افزایش عملکرد و حفظ منابع و جلوگیری از ضایعات خواهد داشت (Sharifzade & Kor, 2012).

استان گلستان مستعد کشت انواع محصولات زراعی و باغی است و انواع فعالیت‌های زراعی در آن انجام می‌شود که این حجم گسترده فعالیت‌های کشاورزی با ایجاد ناپایداری در نظام‌های کشاورزی و طبیعی از جمله تخریب محیط‌زیست و منابع طبیعی، آلودگی منابع آب و خاک، شور شدن اراضی، کاهش سفره آب زیرزمینی و سرانجام ناپایداری بوم نظام‌های کشاورزی همراه است (Shah-Moridi, 2016). این استان یکی از مناطق اصلی به‌لحاظ کشت توتون (*Nicotiana tabacum*)می‌باشد، محصول توتون کشور در مجموع، نه هزار تن است که عمدتاً در پنج استان کشور تولید می‌شود و استان گلستان با تولید ۴۵ درصد از توتون کشور در بین پنج استان مقام اول را دارد (Ministry of Industry, Mine & Trade, 2015). بنابراین، نقش مهمی در تأمین توتون مورد نیاز کارخانجات فرآوری و دیگر واحدهای صنعتی شرکت دخانیات در کشور دارد. عمده محصول توتون در این استان بارلی و ویرجینیا است، ارقام ویرجینیا از نوع توتون‌های گرمخانه‌ای می‌باشد، به‌طوری‌که عمل‌آوری و خشکانیدن برگ‌های استحصالی در محیط گرمخانه صورت می‌گیرد، این نوع توتون از نظر بافت قوی‌تر و نیکوتین کمتر، ولی قند بیشتری دارد، امّا ارقام بارلی از نوع توتون سایه‌خشک است و برگ‌ها در انبار یا در محیط سایه عمل‌آوری و خشک می‌شوند، این نوع توتون از نظر بافت نسبت به ارقام ویرجینیا ضعیف‌تر و نیکوتین بالاتری دارد و همچنین قند آن به‌نسبت پائین‌تر است.



شکل ۲- چارچوب و فرایند تولید توتون در محیط‌زیست کشاورزی

Fig. 2-Tobacco production process in agricultural environment

چالش‌های مهمی در ارتباط با حفاظت از محیط‌زیست در استان گلستان وجود دارد و با توجه به بررسی‌ها هنوز در رابطه با اثرات

زیست‌محیطی کشت توتون در سطح استان و کشور مطالعه‌ای انجام نشده است. به‌لحاظ زیست‌محیطی تولید پایدار توتون مستلزم بررسی و مطالعه تأثیرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، سموم، گازوئیل، برق و غیره می‌باشد. بنابراین، بررسی وضعیت منابع طبیعی، آب و خاک و مصرف نهاده‌ها با استفاده از شاخص‌های پایداری می‌تواند در شناخت و تدوین راهکارهای مناسب در رفع مسائل و مشکلات زیست‌محیطی کشت این محصول و همچنین مدیریت آینده کشت مؤثر باشد. بنابراین، مطالعه اثرات زیست‌محیطی کشت توتون به‌جهت اهمیت محیط‌زیست کشاورزی و تولید پایدار هدف این مطالعه است و تحقیق حاضر نیز بر اساس درک این واقعیت و ضرورت کسب شناخت روشمند درباره پایداری زیست‌محیطی نظام کشت تخصصی توتون، در استان گلستان به‌عنوان اصلی‌ترین مرکز کشت توتون در کشور به انجام رسیده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این تحقیق مناطق کشت توتون در استان گلستان می‌باشد. استان گلستان از نظر اقلیمی برای تولید طیف بالایی از انواع گیاهان زراعی و صنعتی از قبیل توتون مناسب است و در شمال ایران قرار دارد و با ۲۰۴۶۰/۷ کیلومترمربع وسعت، ۱/۳۳ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. این استان از شمال به جمهوری ترکمنستان، از شرق به استان خراسان، از جنوب به استان سمنان و از غرب به استان مازندران و دریای خزر محدود است. و با توجه به موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی خاص خود از ارتفاع ۲۷- متر تا ۳۷۵۰ متر، دارای تنوع آب و هوایی و پوشش گیاهی گسترده‌ای می‌باشد در قلل مرتفع کوه‌ها آب و هوای معتدل و سرد کوهستانی، در کوهپایه‌ها و قسمت مرکزی آب و هوای معتدل مرطوب وجود داشته که در نیمه شمالی استان به آب و هوای معتدل نیمه خشک تبدیل می‌گردد. ارقام توتون گرمخانه‌ای و سایه‌خشک در قسمت‌های مرکزی و کوهپایه‌ای که آب و هوای معتدل و مرطوب دارد کشت می شود. بر اساس آمار اداره کل دخانیات استان گلستان عمده ترین مناطق کشت توتون‌های گرمخانه‌ای و سایه‌خشک دراستان گلستان روستاهای پیچک محله، برفتان و الازمن از حوزه شهرستان علی آباد و روستاهای والش آباد و جعفر آباد نوده و تقر تپه از حوزه شهرستان گرگان است (شکل ۳).



شکل ۳- منطقه مورد مطالعه
Fig. 3- The study area

روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و مبتنی بر روش توصیفی و تحلیلی با راهبرد پیمایشی است. در این تحقیق، پایداری زیست‌محیطی دو نوع توتون گرمخانه‌ای (ویرجینیا) و سایه‌خشک (بارلی) مورد ارزیابی قرار گرفت. جامعه آماری این تحقیق توتون‌کاران گرمخانه‌ای و سایه‌خشک استان گلستان است. حجم نمونه آماری نیز با استفاده از فرمول کوکران (معادله ۱) جمعاً در حدود ۱۶۰ نفر برآورد گردید. ابزار جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه بود که به‌صورت تصادفی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ بین ۱۰۰ نفر از توتون‌کاران ارقام گرمخانه‌ای و ۶۰ نفر از توتون‌کاران ارقام سایه‌خشک توزیع و تکمیل گردید. محتوای سؤالات پرسشنامه مشتمل بر میزان نهاده‌های مصرفی از قبیل سم، کود، آب، سوخت، پلاستیک، برق، ماشین‌آلات،

بذر و نیروی کار بود. به‌منظور تعیین روایی پرسشنامه از پانل محققین مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش و کارشناسان کشاورزی ادارات کشت دخانیات بهره گرفته شد و از روش پیش آزمون و پس آزمون برای تأیید پایایی استفاده گردید. برای ارزیابی پایداری بر اساس مصرف انرژی، از شاخص‌های ارزیابی زیست‌محیطی استفاده شد و معیار مقایسه، هکتار جهانی حاصل از برآورد مدل ردپا اکولوژیکی در دو نوع توتون گرمخانه‌ای و سایه‌خشک بود.

معادله (۱)

$$n = \frac{Nt^2 s^2}{Nd^2 + t^2 s^2}$$

که در آن، n: حجم نمونه، N: حجم جامعه (۹۳۱ نفر توتون‌کار گرمخانه‌ای و ۱۴۴ نفر توتون کار سایه‌خشک)، t: ضریب اطمینان قابل قبول (۱/۹۶)، d: دقت احتمالی مطلوب (۰/۱) و s: پیش برآورد واریانس متغیر (کود مورد استفاده برای هردو محصول به‌ترتیب (۰/۳ و ۰/۲۶)) می‌باشند.

محاسبه شاخص ردپا

یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های روش معمول محاسبه ردپا در نظر نگرفتن نوع عملیات زراعی است که بر همین اساس دانشمندان سعی کرده‌اند، جهت جبران این نقیصه، اصلاحاتی در نوع محاسبه ردپا انجام دهند (Passeri et al., 2013). به‌منظور محاسبه ردپای اکولوژیک بر اساس نوع عملیات زراعی در مزرعه، باید ردپای اکولوژیک را به دو بخش ردپای مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی کرد (Huijbregts et al., 2008). ردپای مستقیم در طول زمان به وسیله مساحت ساختمان، زمین‌های زراعی، مراتع و جنگل که مستقیماً در جریان تولید محصول به‌کار می‌روند، تعریف می‌شود و ردپای غیرمستقیم، نشان‌دهنده میزان زمین بهره‌ور لازم، جهت جذب CO_2 تولید شده طی فرآیند تولید است. با توجه به این مفهوم، ردپای اکولوژیک می‌تواند به مجموع زمین واقعی و مجازی مورد نیاز برای تولید محصول تعریف شود و به‌صورت معادله ۲ بیان می‌شود (Cerutti et al., 2013).

معادله (۲)

$$EF = EF_{direct} + EFCo_2$$

که در آن، EF_{direct}: نشان‌دهنده زمین تصرف شده در طول زمان به‌وسیله مزارع کشاورزی، ساختمان، مراتع و جنگل برای تولید محصول است که با استفاده از معادله ۳ محاسبه می‌شود (Guzman et al., 2013).

معادله (۳)

$$EF_{direct} = \sum_{\alpha} A_{\alpha}.EQF_{\alpha}$$

میزان زمین تصرف شده نوع=(زراعی،جنگلی، مرتع، ساختمان) =A

که در آن، EQF: عامل (فاکتور) معادل‌سازی متناظر با هر نوع زمین است.

مقدار EQF برای انواع مختلف اراضی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ضرایب معادل مربوط به انواع مختلف کاربری اراضی

Table 1- Equivalence factor for different land uses

نوع کاربری زمین Type of land use	ضریب معادل (هکتار/ هکتار جهانی) Equivalence factor (Gha.ha^{-1})
زمین‌های زراعی Croplands	2.51
مراتع Rangelands	0.46
جنگل Forests	1.26
دریا تولیدی Fishery ground	0.37
زمین ساخته‌شده Built up lands	2.51

(González-Vallejo et al., 2015)

معادله ردپای غیرمستقیم:

معادله (۴)

$$EF_{CO2} = \frac{\Sigma_i\, cm_i \,.\, Ese_{mi}}{EP} \times ef$$

که در آن، Cm: میزان مصرف هرکدام از نهاده‌ها (کیلوگرم)، Ese: انرژی نهفته هرکدام از مواد (مگاژول بر کیلوگرم)، Ep: بهره

وری انرژی (مگاژول بر هکتار بر سال) و ef: فاکتور معادل ساز جنگل (هکتار جهانی بر هکتار) می‌باشند.

بهره‌وری انرژی نسبت جذب آلاینده‌های تولید شده به‌ازای یک مگاژول تولید انرژی به‌میزان انتشار کربن به‌ازای مقدار انرژی تولید شده توسط هرکدام از منابع انرژی می‌باشد و توسط معادله ۵ محاسبه می‌شود.

معادله (۵)

$$EP = \frac{A}{E}$$

معمولاً در مطالعات در مورد مواد اولیه از بهره‌وری انرژی نفت استفاده می‌شود (Guzman et al., 2013). در مورد برق نیز با توجه به اینکه بخش قابل توجه سوخت نیروگاه‌های کشور توسط گاز طبیعی تأمین می‌شود، از بهره‌وری انرژی گاز طبیعی استفاده شده است. میزان عامل انتشار و بهره‌وری انرژی برای انواع سوخت‌های فسیلی و هسته‌ای در جدول ۲ نشان داده شده است (Acosta Bono et al., 2001).

جدول ۲- عامل‌های انتشار (E) و بهره‌وری انرژی (EP)

Table 2- Emission factor(E) and Energy Productivity(EP)

منابع انرژی Energy sources	E (kg Coal.GJ^{-1})	EP (GJ.ha^{-1}.year^{-1})
زغال سنگ Coal	26	55
نفت Oil	20	71
گاز طبیعی Natural gas	30.15	93
هسته‌ای Nuclear	20	71

برای مشخص کردن انرژی استفاده شده، عامل‌های معادل‌ساز ویژه‌ای وجود دارد (Zangeneh et al., 2010; Ozkan et al., 2004; Canakci & Akinci, 2006). با استفاده از آن‌ها میزان انرژی حاصل از تأثیر هر یک از عامل‌های اثرگذار بر محیط‌زیست، بر حسب هکتار جهانی برآورد می‌گردد. جدول ۳ متغیرها، مقیاس اندازه‌گیری و عامل‌های معادل‌ساز مورد استفاده در این تحقیق برای ارزیابی ردپای اکولوژیکی را نشان می‌دهد، که بر اساس آن انرژی مصرفی هر یک از نهاده‌ها بر حسب واحد مورد استفاده (کیلوگرم، لیتر و...)، در کشت دو رقم توتون مشخص می‌گردد. نهاده‌هایی که در جدول ۳ آورده شده است، در هر دو رقم کشت توتون مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نتایج و بحث

برآورد انرژی‌های مصرفی در کشت توتون

با توجه به محاسبات انجام شده، انرژی‌های مصرفی در فرآیند تولید توتون سایه‌خشک طی یک سال زراعی در منطقه مورد مطالعه در جدول ۴ آمده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که انرژی مربوط به مصرف برق با ۴۴/۷۲ درصد در رتبه اول و نیتروژن با ۱۶/۶۹ درصد در رتبه دوم و گازوئیل با ۱۶/۶۱ درصد انرژی در رتبه سوم قرار دارد و از کل انرژی ورودی (۹۷۳۲۷/۷۵ مگاژول)، ۷۰۵۲۹/۸۲ مگاژول آن را (۷۲/۴۴ درصد) انرژی‌های مستقیم (نیروی‌کار، گازوئیل، آب و برق) و ۲۶۹۷۹/۹۳ مگاژول آن را (حدود ۲۷/۵۶ درصد)را انرژی‌های غیر مستقیم (کودها، بذر، سم، پلاستیک و ماشین‌آلات) تشکیل می‌دهند.

یافته‌های جدول ۵ مربوط به انرژی مصرفی در فرایند تولید توتون گرمخانه‌ای طی یک سال زراعی را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن است که انرژی حاصل از مصرف برق با بیش از ۴۵/۳۶ درصد عمده‌ترین نهاده مورد استفاده توسط توتون‌کاران در رتبه اول بوده و بترتیب گازوئیل با ۲۰/۵۵ درصد در رتبه دوم، آب مصرفی با ۸/۶۸ درصد انرژی در رتبه سوم قرار دارد و از کل انرژی ورودی (۷۳۱۸۴/۴۷ مگاژول)، ۵۷۵۲۳/۲۶ مگاژول آن (حدود ۷۸/۶ درصد) را انرژی‌های مستقیم (نیروی کار، گازوئیل، آب و برق) و ۱۵۶۶۱/۲۱ مگاژول آن (حدود ۲۱/۴ درصد) را انرژی‌های غیر مستقیم (کودها، بذر، سم، پلاستیک و ماشین‌آلات) تشکیل می‌دهد.

جدول ۳- معادل انرژی نهاده‌ها و ستاده‌ها
Table 3- Energy equivalent of inputs and outputs

ورودی‌ها Inputs	ورودی‌ها و خروجی‌ها Inputs and Outputs	واحد Unit	معادل انرژی (MJ) Energy equivalent (MJ)	منبع References
	نیروی انسانی Human labor			
	مرد Man	Hour	1.96	(Khanali et al., 2021; Nabavi-Pelesaraei et al., 2021; Zangeneh et al., 2010)
	زن Woman	Hour	1.57	
	بذر Seed	kg	25	(Baran & Gokdogan, 2015)
	ماشین‌آلات Machinary	Hour	62.7	(Çebi et al., 2019)
	کود نیتروژن N-fertilizer	kg	66.14	(Khanali et al., 2021; Yuan et al., 2018; Nabavi-Pelesaraei et al., 2021)
	کود فسفر P-fertilizer	kg	12.44	(Khanali et al., 2021; Zangeneh et al., 2010; Nabavi-Pelesaraei et al., 2021)
	کود پتاس K-fertilizer	kg	11.15	(Khanali et al., 2021; Nabavi-Pelesaraei et al., 2021)
	گازوئیل Diesel	Liter	56.31	(Yuan et al., 2018; Nabavi-Pelesaraei et al., 2021)
	برق Electricity	kwh	11.93	(Khanali et al., 2021; Nabavi-Pelesaraei et al., 2021; Yuan et al., 2018)
	آب Water	Cubic meters	1.02	(Nabavi-Pelesaraei et al., 2017; Yuan et al., 2018)
	علف‌کش Herbicide	kg	238	(Zangeneh et al., 2010; Yuan et al., 2018)
	حشره‌کش Insecticide	kg	101.2	(Naderi et al., 2019; Yuan et al., 2018)
	قارچ‌کش Fungicides	kg	216	(Zangeneh et al., 2010; Naderi et al., 2019; Yuan et al., 2018)
	پلاستیک Plastic	kg	90	(Heidari & Omid, 2011; Shamsabadi et al., 2017)
خروجی‌ها (عملکرد)	توتون گرمخانه‌ای Flue-cured tobacco	kg	0.8	(Ozkan et al., 2004; Loghmanpour-zarini & Abedi-firouzjaee, 2013)
Output (Yield)	توتون سایه‌خشک Air-cured tobacco	kg	0.8	(Ozkan et al., 2004; Loghmanpour-zarini & Abedi-Firouzjaee, 2013)

ارزیابی ردپای اکولوژیک کشت توتون سایه‌خشک

نتایج ردپای اکولوژیکی بر حسب مصرف نهاده‌ها برای کشت توتون سایه‌خشک به‌صورت جدول ۶ می‌باشد.

ردپای اکولوژیکی غیر مستقیم کشت توتون سایه‌خشک معادل ۱/۵۴ هکتار جهانی محاسبه شد (جدول ۶). برق ۳۸/۱۹ درصد کود نیتروژن با ۱۸/۶۷ درصد (گازوئیل) با ۱۸/۵۸ درصد بیشترین تأثیر را بر ردپای اکولوژیکی دارند. ردپای اکولوژیک تولید یک هکتار توتون سایه‌خشک معادل ۴/۰۵ هکتار جهانی محاسبه شد. با توجه به مقدار ردپای غیر مستقیم کشت ارقام سایه‌خشک ۱/۵۴ هکتار زمین بهره‌ور زیستی لازم دارد تا شرایط ناپایداری زیست‌محیطی این محصول

مرتفع شود.

جدول ٤- میزان مصرف نهاده‌ها و انرژی معادل در کشت توتون سایه

Table 4- Inputs consumption and Energy equivalent in air-cured tobacco cultivation

فاکتورها	واحد Unit	میان Value	انرژی (MJ)[1] Energy(MJ)	درصد Percent	رتبه Rank
بذر Seed	kg	0.15	3.75	0.0038	14
مرد Man	ساعت hour	722.96	1417	1.45	10
زن Woman	ساعت hour	1126.88	1769.2	1.81	9
ماشین‌آلات Machinary	ساعت hour	38.28	2399.52	2.46	6
کود نیتروژن N-fertilizer	kg	245.7	16250.59	16.69	2
کود فسفر P-fertilizer	kg	157	1953.08	2.01	7
کود پتاس K-fertilizer	kg	217	2419.59	2.48	5
علف‌کش Herbicide	kg	3.06	728.28	0.74	11
قارچ‌کش Fungicides	kg	3.35	723.6	0.74	12
حشره‌کش Secticide	kg	3.64	368.36	0.37	13
گازوئیل Diesel	l	287.1	16166.4	16.61	3
برق Electricity	kwh	3648.82	43530.42	44.72	1
آب Water	m^3	7496.66	7646.6	7.85	4
پلاستیک Plastic	kg	21.68	1951.2	2.00	8
جمع Total			97327.75	100	

1- Energy(Megajoule)

جدول ۵- میزان مصرف نهاده ها و انرژی معادل در کشت توتون گرمخانه‌ای
Table 5- Inputs consumption and Energy equivalent in flue-cured tobacco cultivation

متغیر	واحد Unit	میزان Value	انرژی (MJ) Energy(MJ)	درصد Percent	رتبه Rank
بذر Seed	kg	0.15	3.75	0.005	14
نیروی انسانی- مرد Human labor-man	hour	663.36	1241.38	1.69	10
نیروی انسانی- زن Human labor-woman	hour	1071.28	1681.9	2.29	8
ماشین‌آلات Machinary	hour	35.6	2232.12	3.04	6
کود نیتروژن N-fertilizer	kg	93	6151.02	8.40	4
کود فسفر P-fertilizer	kg	137	1704.28	2.32	7
کود پتاس K-fertilizer	kg	202	2252.3	3.07	5
قارچ‌کش Fungicides	kg	4.11	887.76	1.21	11
حشره‌کش Secticide	kg	2.82	285.38	0.38	13
علف‌کش Herbicide	kg	2.9	690.2	0.942	12
گازوئیل Diesel	l	267	15044.77	20.55	2
برق Electricity	kWh	2783	33201.19	45.36	1
آب Water	m^3	6229.44	6354.02	8.68	3
پلاستیک Plastic	kg	16.16	1454.4	1.98	9
جمع Total			73184.47	100	

ارزیابی ردپای اکولوژیک کشت توتون گرمخانه‌ای

ارزیابی ردپای اکولوژیکی بر حسب مصرف نهاده‌ها برای کشت توتون گرمخانه‌ای به‌صورت جدول ۷ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج مطالعه کل انرژی مصرفی برای تولید یک هکتار توتون گرمخانه‌ای ۷۳۱۸۴ مگاژول بود که برق و سوخت گازوئیل بیشترین سهم را داشتند. همچنین تحلیل انرژی نشان داد که برق با ۳۸/۸۰ درصد، سوخت گازوئیل با ۲۳/۰۳ درصد و آب با ۹/۷۳ درصد انرژی بیشترین تأثیر را بر ردپای اکولوژیکی داشته‌اند. در این مطالعه، ردپای اکولوژیکی غیرمستقیم کشت توتون گرمخانه‌ای معادل ۱/۱۶ هکتار جهانی به‌دست آمد و ردپای اکولوژیکی کل (مجموع ردپای مستقیم و غیر مستقیم) در این کشت برابر با ۳/۶۷ معادل هکتار جهانی ارزیابی گردید.

نتایج حاصل از بررسی ردپای اکولوژیکی توتون گرمخانه‌ای و سایه‌خشک نشان می‌دهد که کشت هر دو نوع توتون از نظر زیست‌محیطی در وضعیت ناپایداری قرار دارد و رقم توتون سایه‌خشک نسبت به توتون گرمخانه‌ای ناپایدارتر است.

جدول ٦- ردپای اکولوژیک غیرمستقیم و انرژی مصرفی در کشت یک هکتار توتون سایه‌خشک

Table 6- Indirect ecological footprintand energy consumption in cultivating one hectare of air-cured tobacco

نهاده **Input**	انرژی **Energy (Mj)**	ردپا اکولوژیک **EF (gha)**	درصد **Percent**
بذر Seed	3.75	0.00	0.00
نیروی کار Human labor	3186.2	0.06	3.66
ماشین‌آلات Machinary	2399.52	0.04	2.76
کود نیتروژن N-fertilizer	16250.59	0.29	18.67
کود فسفر P-fertilizer	1953.08	0.03	2.24
کود پتاس K-fertilizer	2419.55	0.04	2.78
سموم شیمیایی Chemical pesticides	1820.26	0.03	2.09
گازوئیل Diesel	16166.6	0.29	18.58
برق Electricity	43530.42	0.59	38.19
آب Water	7646.6	0.14	8.79
پلاستیک Plastic	1951.2	0.03	2.24
جمع Total	97327.75	1.54	100

جدول ۷- ردپای اکولوژیک غیرمستقیم و مصرف انرژی کشت یک هکتار توتون گرمخانه‌ای
Table 7- Indirect ecological footprint and energy consumption in cultivating hectare of flue-cured

نهاده Input	انرژی Energy (Mj)	ردپا EF (gha)	درصد Percent
بذر Seed	3.75	0.00	0.00
نیروی کار Human labor	2329.28	0.05	4.47
ماشین‌آلات Machinary	2232.12	0.04	3.42
کود نیتروژن N-fertilizer	6151.02	0.11	9.42
کود فسفر P-fertilizer	1704.28	0.03	2.61
کود پتاس K-fertilizer	2252.30	0.04	3.45
سموم شیمیایی Chemical pesticides	1863.34	0.03	2.85
گازوئیل Diesel	15044.77	0.27	23.03
برق Electricity	33201.19	0.45	38.80
آب Water	6354.02	0.11	9.73
پلاستیک Plastic	1454.40	0.03	2.23
جمع Total	73184.47	1.16	100

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آماده از مطالعه ردپای اکولوژیک کشت توتون در استان گلستان نشان می‌دهد که هر دو نوع توتون کشت شده از نظر زیست‌محیطی در وضعیت ناپایداری قرار دارد و تأکیدی بر ضرورت مدیریت زراعی و استفاده مناسب و مطلوب از نهاده‌های تولید با ملاحظات زیست‌محیطی است. بدیهی است، توجه به محیط‌زیست از ضرورت‌های مهم در پایداری کشت توتون می‌باشد. بی توجهی به این موضع علاوه‌بر ایجاد مخاطرات جبران‌ناپذیر، موجودیت کشت را به مخاطره خواهد انداخت که می‌تواند پیامدهای متفاوتی را در ابعاد اجتماعی و اقتصادی داشته باشد، از جمله این موارد می‌توان به مخاطرات مربوط به بهداشت و سلامت، از بین رفتن اشتغال و امنیت اقتصادی توتون‌کاران، وابستگی تأمین مواد اولیه دخانی به خارج و خروج ارز و سرمایه اشاره داشت. بنابراین، برای تولید پایدار محصول توتون در استان توجه مدیران و متولیان اجرایی شرکت دخانیات به ملاحظات زیست‌محیطی به‌عنوان یک ضرورت، مهم است و این مطالعه اهمیت این موضع را مور تأکید قرار می‌دهد و با تحلیل عوامل مختلف تولید توتون و بررسی تأثیرات آن بر محیط‌زیست مسیر روشن و مشخصی را در مدیریت کشت توتون در استان برای دست‌اندرکاران و متولیات اجرای این حوزه قرار می‌دهد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده در جدول‌های ۶ و ۷، بیشترین مصرف نهاده در ارقام گرمخانه‌ای و سایه‌خشک مربوط به نهاده‌های (برق، گازوئیل، کود شیمیایی و آب) است. نتایج مطالعات ردپای اکولوژیک در هر دو نوع توتون حاکی از آن است که بیشترین ناپایداری حاصل از تولید محصول در درجه اول مربوط به نهاده برق می‌باشد. در فرایند تولید توتون، مصرف برق در رقم گرمخانه‌ای مربوط به پمپ آب (چاه‌ها برقی) و گرمخانه (فن برای تهویه) است، ولی در توتون سایه‌خشک صرفاً مربوط به مصرف پمپ آب منتهی می شود و به‌ترتیب ۳۸/۸۰ و ۳۸/۱۹ درصد از کل ردپای اکولوژیکی غیر

مستقیم را دارد. مقایسه مصرف این نهاده در هر نوع توتون نشان می‌دهد که بالا بودن مصرف انرژی الکتریکی (برق) مربوط به چاه های آب است.

و در توتون سایه‌خشک محسوس‌تر است، زیرا مصرف برق در این توتون صرفاً در مراحل آبیاری است و به تنهایی رقم ۳۸/۱۹ درصد از کل ردپای اکولوژیکی غیر مستقیم را به خود اختصاص داده است، ولی در کلیت مصرف برق در هر دو رقم بسیار بالا است که نشان‌دهنده مصرف بی‌رویه آب و انرژی است. مرسوم بودن شیوه سنتی آبیاری (غرقابی)، وجود عرف آبیاری و اشتراکی بودن چاهها در مناطق(دور آبیاری) مثلاً کشاورز هر ۱۵ روز نوبت آب که برسد حتماً صرف نظر از نیاز آبی توتون مبادرت به آبیاری می‌کند، وجود تصور ذهنی نامناسب که افزایش آبیاری باعث افزایش عملکرد می‌شود، نبود تجهیزات و امکانات مناسب، عدم آگاهی و آشنایی توتون‌کاران با شیوه‌های صحیح آبیاری مانند آبیاری بارانی یا قطره‌ای از جمله موضوعاتی است که استفاده نامناسب از منابع آبی را منجر شده است. به‌طوری‌که در هر دو نوع توتون مقدار قابل ملاحظه‌ای (۹/۷۳ درصد در ارقام گرمخانه‌ای و ۸/۷۹ درصد در ارقام سایه‌خشک) را نشان می دهد. که با مطالعه (خرمی رفاه و همکاران، ۱۳۹۵) همخوانی دارد. همچنین ردپای اکولوژیکی حاصل از مصرف کود نیتروژنه در این مطالعه به‌ترتیب مقدار ۹/۴۲ و۱۸/۶۷درصد برای توتون گرمخانه‌ای و سایه‌خشک نشان داده است. در ارقام سایه‌خشک علاوه‌بر کود پایه کودهای نیتروژن به‌صورت سرک در ایام داشت مصرف می‌شود و میزان استفاده از کود در این رقم نسبت به رقم گرمخانه‌ای بیشتر است، ولی به نظر می‌رسد، این میزان مصرف با توجه به نتایج به‌دست آمده از این بررسی بالاتر از مصرف مطلوب است که با تحقیقات(Fallahpour et al., 2012; Sahle & Potting, 2013; Khanali et al., 2016) مطابقت دارد. با توجه به مشاهدات چگونگی مصرف کودهای شیمیایی در منطقه بیشتر به‌صورت عرفی بوده، مبنای علمی ندارد و از حد معمول زیادتر است، به‌طوری‌که توتون‌کاران منطقه بر اساس آزمایشات خاک مصرف کود را مشخص نمی‌کنند و معمولاً با این تصور که افزایش مصرف کود باعث افزایش محصول می‌شود، مصرف کود در منطقه از حد استاندارد بیشتر است و گاهی توتون‌کاران با تهیه کود به‌صورت آزاد مبادرت به کودپاشی زمین‌های خود می‌کنند. مصرف گازوئیل بر اساس نتایج این بررسی با دارا بودن ۲۳/۳۰ درصد در توتون گرمخانه‌ای و ۱۸/۵۸ درصد در توتون سایه‌خشک تأثیر نسبتاً زیادی در ردپای اکولوژیک غیرمستقیم کشت این محصول داشته است که با مطالعات (Dias et al., 2017) همخوانی دارد. لذا مصرف قابل ملاحظه انرژی ناشی از استفاده از گازوئیل را در دو نوع توتون مورد مطالعه، در شیوه آماده‌سازی زمین و نبود ادوات مناسب دانست. عدم وجود ادوات مناسب با توجه به نوع خاک و زمان آماده‌سازی زمین که گاهاً با بارندگی‌های فصلی مواجه است و همچنین وجود خاک‌های سنگین منطقه باعث شده است که خاک‌ورزی اولیه و ثانویه زمان‌بر و همراه با تکرار عملیات باشد که در نتیجه، مصرف بالای سوخت (گازوئیل) را موجب شده است، وجود ادوات مناسب مانند کمبینات و سیکلوتیلر، آشنایی توتون‌کاران با شیوه‌های صحیح آماده‌سازی زمین و همچنین توجه به فعالیت‌های آموزشی- ترویجی در این زمینه ضمن کاهش مصرف می‌تواند آثار نامطلوب زیست‌محیطی را نیز کمتر کند.

در این تحقیق، نتایج کل ردپای اکولوژیکی (مستقیم و غیر مستقیم) در توتون سایه‌خشک (۴/۰۵) و توتون گرمخانه‌ای (۳/۶۷) معادل هکتار جهانی را نشان داده است که این مقدار بیشتر از زمین مورد استفاده برای تولید توتون در سطح یک هکتار می‌باشد و بر اساس آن می‌توان نتیجه گرفت که توتون سایه‌خشک در مقایسه با توتون گرمخانه‌ای در وضعیت ناپایدارتری قرار دارد و برای رفع چالش‌های مربوط به محیط‌زیست در کشت این محصول برای توتون سایه‌خشک ۱/۵۴ و برای توتون گرمخانه‌ای ۱/۱۶ هکتار جهانی زمین بهره‌ور زیستی لازم است.

شاخص‌های پایداری ابزاری است که می‌تواند برای آگاهی توتون‌کاران نسبت به اثرات زیست‌محیطی اقدامات آنان استفاده شود. بر اساس نتایج این مطالعه مصرف نهاده‌های برق، آب ، کود و گازوئیل بیشترین تأثیر را در ناپایداری اکولوژیکی داشته است، بنابراین، مدیریت صحیح مصرف این نهاده‌ها به‌عنوان یک ضرورت مطرح می‌باشد، مواردی مانند استفاده از تکنولوژی‌های مناسب، مصرف کود با توجه به نیاز گیاه، کاهش شدت خاک‌ورزی با استفاده از ماشین‌آلات مناسب و توجه به شرایط اقلیمی و همچنین افزایش آگاهی‌های توتون‌کاران با کمک فعالیت‌های آموزشی‌ـ ترویجی می‌تواند در مدیریت صحیح مزرعه، کاهش مصرف نهاده‌ها و استفاده بهینه از آن، مؤثر باشد.

References

1. Acosta Bono, G., González Daimiel, J., Calvo Salazar, M., & Sancho Royo, F. (2001). Estimación de la Huella Ecológica en Andalucía y Aplicación a la Aglomeración Urbana de Sevilla (Estimation of the Ecological Footprint in Andalusia and Application to the Urban Agglomeration of Seville). Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo,Consejeríade Obras Públicasde la JuntadeAndalucía, Seville, Spain. ISBN 84-8095-270-9. http://hdl.handle.net/10326/974.

2. Baran, M., & Gokdogan, O. (2015). Determination of energy input-output of tobacco production in Turkey. Am-Euras. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, *15*(7), 1346-1350.
3. Barimani, F., & lamfiejani, S. (2010). Determining the intensity of environmental instability in rural settlement of Sistan by multi criteria evaluation model. *Journal of Geography and Development*, *8*(19), 127-144. (In Persian with English Summary). doi: 10.22111/gdij.2010.1112
4. Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., & Lammel, J. (2004). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. *European Journal of Agronomy*, *20*(3), 247–264. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00024-8
5. Canakci, M., & Akinci, I. (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy*, *31*(8-9), 1243-1256. https://doi.org/10.1016/j.energy.2005.05.021
6. Carof, M., Colomb, B., & Aveline, A. (2013). A guide for choosing the most appropriate method for multi-criteria assessment of agricultural systems according to decision-makers' expectations. *Agricultural Systems*, *115*, 51-62. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.09.011
7. Çebi, Ü.K., Aydin, B., Cakir, R., & Altintas, S. (2019). Energy use efficiency and economic analysis of greenhouse cucumber farming in Turkey: Case of Thrace Region. *Custose Agronegocio*, *15*(2), 2-21.
8. Cerutti, A., Beccaro, G.L., Bagliani, M., Donno, D., & Bounous, G. (2013). Multifunctional ecological footprint analysis for assessing eco-efficiency: A case study of fruit production systems in Northern Italy. *Journal of Cleaner Production*, *40*, 108-117. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.028
9. Cetin, B., & Vardar, A. (2008). An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. *Renewable Energy*, *33*, 428–433. https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.03.008
10. Crishna, N. (2007). Review and Application of the Ecological Footprint: A Case Study of Agricultural Systems in Scotland. A Dissertation Conducted for the Degree of Master of Science, Center for the study of Environmental Change and Sustainability, University of Edinburgh.
11. Dekamin, M., Barmaki, M., Kanooni, A., & Mosavi, R. (2019). Environmental impact assessment of soybean cultivation in Ardabil farms. *Journal of Environmental Science and Technology*, *21*(7), 175-184. (In Persian with English Summary). 10.22034/jest.2020.21113.3011
12. Dias, G.M., Ayer, N.W., Khosla, S., Van Acker, R., Young, S.B., Whitney, S., & Hendricks, P. (2017). Life cycle perspectives on the sustainability of Ontario greenhouse tomato production: Benchmarking and improvement opportunities. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 831-839. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.039
13. Esengun, K., Erdal, G., Gunduz, O., & Erdal, H. (2007). An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. *Renewable Energy*, *32*, 1873-1881. https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.07.005
14. Esengun, K., Gunduz, O., & Erdal, G. (2007a). Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Convers Manage*, *48*, 592-598. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.06.006
15. Esfahani, S., & Khazaee, J., (2020). Application of multifunctional ecological footprint in sustainability analysis of saffron production in Southern Khorasan. *Journal of Saffron Agronomy and Technology*,*7*(4), 491-503. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22048/jsat.2019.119069.1290
16. Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., & Wackernagel, M. (2010). The Ecological Footprint Atlas 2010. Okland: Global Footprint Network.
17. Fallahpour, F., Aminghafouri, A., Ghalegolab Behbahani, A., & Bannayan, M. (2012). The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. *Environment Development Sustainable*, *14*, 979-992. https://doi.org/10.1007/s10668-012-9367-3
18. Fathee, F., & Shaikhzainaddin, A. (2018). Survey economic and environmental of corn cultivation with a water footprint approach in Fars province. The 13th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran and the 3rd National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment. University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. (In Persian)
19. Guzman, J., Marrero, M., & Arellano, A. (2013). Methodology for determining the ecological footprint of the construction of residential buildings in Andalusia (Spain). *Ecological Indicator*, *25*, 239-249. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.10.008
20. Heidari, M.D., & Omid, M. (2011). Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable

productions in Iran. *Energy*, *36*(1), 220-225. https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.10.048

21. Holmberg, J., Lundqvist, U., Robèrt, K.H., & Wackernagel, M. (1999). The ecological footprint from a systems perspective of sustainability. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, *6*(1), 17-33.
22. Huijbregts, M.A.J., Hellweg, S., Frischknecht, R., Hungerbühler, K., & Hendriks, A.J. (2008). Ecological footprint accounting in the life cycle assessment of products. *Ecological Economics*, *64*(4), 798-807. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.04.017
23. Jat, H.S., Jat, R.D., Nanwal, R.K., Lohan, S.K., Yadav, A.K., Poonia, T., Sharma, P.C., & Jat, M.L. (2020). Energy use efficiency of crop residue management for sustainable energy and agriculture conservation in NW India. *Renewable Energy*, *155*, 1372-1382. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.046
24. Kanitschar, C., Gassner, A., & Brunner, P.H. (2014). Combining the analysis of resource demand and Ecological Footprint. In EnviroInfo (pp. 669-674).
25. Khanali, M., Akram, A., Behzadi, J., Mostashari-Rad, F., Saber, Z., Chau, K.W., & Nabavi-Pelesaraei, A. (2021). Multi-objective optimization of energy use and environmental emissions for walnut production using imperialist competitive algorithm. *Applied Energy*, *284*, 116342. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116342
26. Khanali, M., Movahedi, M., Yousefi, M., Jahangiri, S., & Khoshnevisan, B. (2016). Investigating energy balance and carbon footprint in saffron cultivation –A case study in Iran. *Journal of Cleaner Production*, *115*, 162-171. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.013
27. Khoramivafa, M., Nouri, M., Mondani, F., & Veisi, H. (2016). Evaluation of virtual water, water productivity and ecological footprint in wheat and maize farms in west of Iran: A Case study of Kouzaran -Kermanshah province. *Journal of Water and Sustainable Development*, *3*(2), 19-26. (In Persian with English Summary). 10.22067/jwsd.v3i2.50280
28. Khosruzzaman, S., Asgar, M.A., Rahman, K.R., & Akbar, S. (2010). Energy intensity and productivity in relation to agriculture-Bangladesh perspective. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences*, *34*(1), 59-70. http://www.ijat-aatsea.com/pdf/October_v6_n4_10/1-104-IJAT2009_84R.pdf
29. Koocheki, A., Vafabakhsh, J., & Khorramdel, S. (2018). Evaluation of environmental impacts of important field crops by Life Cycle Assessment (LCA) in Khorasan-e Razavi province. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *16*(3), 665-681. (In Persian with English Summary). 1022067/gsc.v16i3.70560
30. Loghmanpour-Zarini, R., & Abedi-Firouzjaee, R. (2013). Energy and water use indexes for tobacco production under different irrigation systems in Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5-12/1332-1339.
31. Ministry of Industry, Mine and Trade. (2015). Report of the Tobacco Planning and Monitoring Center. Tehran, Iran. (In Persian)
32. Mohammadi, A., & Omid, M. (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy*, *87*(1), 191-196. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.07.021
33. Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., & Rafiee, H. (2010). Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy*, *35*(5), 1071-1075. https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.09.004
34. Nabavi-Pelesaraei, A., Azadi, H., Van Passel, S., Saber, Z., Hosseini-Fashami, F., Mostashari-Rad, F., & Ghasemi-Mobtaker, H. (2021). Prospects of solar systems in production chain of sunflower oil using cold press method with concentrating energy and life cycle assessment. *Energy*, *223*, 120117. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120117
35. Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., & Chau, K.W. (2017). Energy consumption enhancement and environmental life cycle assessment in paddy production using optimization techniques. *Journal of Cleaner Production*, *162*, 571-586. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.071
36. Naderi Mahdei, K., Bahrami, A., Aazami, M., & Sheklabadi, M. (2015). Assessment of agricultural farming systems sustainability in Hamedan province using ecological footprint analysis (Case study: irrigated wheat). *Journal of Agricultural Science and Technology*, *17*, 1409-1420.
37. Naderi, S.A., Dehkordi, A.L., & Taki, M. (2019). Energy and environmental evaluation of greenhouse bell pepper production with life cycle assessment approach. *Environmental and Sustainability Indicators*, *3-4*, 100011. https://doi.org/10.1016/j.indic.2019.100011
38. Nemechek, T.H., Heil, A., Gaillard, G., & Garcia, J. (2008). Salca, Swiss Agricultural Life Cycle Assessment Database: Umweltinventareur die Landwirtschaft. Unpublished Internal Document, Version 012, December 2001.

Agroscope FAL Reckenholz, Zurich, Switzerland.
39. Ozkan, B., Fert, C., & Karadeniz, CF. (2007). Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. *Energy, 32*, 1500-1504. https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.09.010
40. Ozkan, B., Kurklu, A., & Akcaoz, H. (2004a). An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: A case study for Antalya region of Turkey. *Biomass Bioenergy, 26*, 189-195. https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00080-1
41. Passeri, N., Borucke, M., Blasi, E., Franco, S., & Lazarus, E. (2013). The influence of farming technique on cropland: a new approach for the ecological footprint. *Ecological Indicators, 29*, 1–5. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.11.022
42. Pervanchon, F., Bockstaller, C., & Girardin, P., (2002). Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro ecological indicator: The energy indicator. *Agricultural Systems, 72*, 149-172. https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00073-7
43. Rezaei, P., Naderi Mahdei K., Karimi, S., & Shanazi, K. (2019). Environmental sustainability assessment of farming system using ecological footprint analysis (Case study: potato and cucumber cultivation in Sofalgaran district of Bahar county. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 29*(2), 53-66. (In Persian with English Summary)
44. Sahle, A., & Potting, J. (2013). Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation. *Science of the Total Environment, 443*, 163-172. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.048
45. Shah-Moridi, R., Kazemi, H., & Kamkar, B. (2016). Evaluation of sustainable agricultural development in Golestan province. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 27*(1), 197-215. (In Persian with English Summary) https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764310.1396.27.1.13.3
46. Shamsabadi, H., Abedi, M., Ahmad, D., & Taheri-Rad, A. (2017). Comparison of energy consumption and greenhouse gas emission footprint caused by agricultural products in greenhouses and open field in Iran. Energy *Equipment and Systems, 5*(2), 157-163. https://doi.org/10.22059/ees.2017.25756
47. Sharifzadeh, M., & Kor, A. (2012). Identification and Analysis of Factors Affecting the Process of Tobacco Reduction in Mazandaran Province. Research Reports of Tirtash Tobacco Research and Training Center. Behshaher, Iran. (In Persian)
48. Singh, H., Mishra, D., & Nahar, N.M. (2002). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India part I. *Energy Conversion and Management, 43*(16), 2275-2286. https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00161-3
49. Tarazkar, M., Kargar Dehbidi, N., & Shokoohi, Z. (2019). Estimating the ecological footprint of agricultural production in D-8 Islamic countries. *Journal of Environmental Sciences, 16*(4), 17-32. (In Persian with English Summary) https://envs.sbu.ac.ir/article_97985_5e9937d1dfdd916f5dfa60d7c85a3d6e.pdf
50. Tinsley, S., & George, H. (2006). Ecological Footprint of the Findhorn Foundation and Community. Findhorn: SDRC Publication. http://www.socioeco.org/bdf_fiche-document-4520_en.html
51. Van der Werf, H.M., & Turunen, L. (2008). The environmental impacts of the production of hemp and flax textile yarn. *Industrial Crops and Products, 27*(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.05.003
52. Vuuren, V.D., & Bouwman, L.F. (2005).Exploring past and future changes in the ecological footprint for world regions. *Ecological Economics*, (52), 43–62. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.06.009
53. Yilmaz, I., Akcaoz, H., & Ozkan, B. (2005). An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy, 30*(2), 145-55. https://doi.org/10.1016/j.renene.2004.06.001
54. Yuan, S., Peng, S., Wang, D., & Man, J. (2018). Evaluation of the energy budget and energy use efficiency in wheat production under various crop management practices in China. *Energy, 160*, 184-191. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.006
55. Zangeneh, M., Omid, M., & Akram, A. (2010). A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. *Energy, 35*(7), 2927-293. https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.03.024